



## دورة تخزين الغاز تحت الأرض: المكامن الناضبة وكهوف الملح وسلامة منشآت التخزين



## دورة تخزين الغاز تحت الأرض: المكامن الناضبة وكهوف الملح وسلامة منشآت التخزين

### مقدمة:

دورة تخزين الغاز تحت الأرض دورة تمتد 5 أيام، تتناول المكامن الناضبة وكهوف الملح وسلامة منشآت التخزين، وهي موجهة لمهندسي المكامن والآبار والمرافق السطحية وتخطيط إمداد الغاز، وتنتهي بإعداد خطة تطوير وتشغيل لموقع تخزين افتراضي. فالجهاز المشغلة تفقد جزءا من السعة العاملة وقدرة السحب والمخزون حين يقدر غاز الوسادة تقديرا تقريبا، ولا يتحقق من حواجز الآبار وصخور الغطاء، وتخطط مواسم الحقن والسحب دون مراعاة حدود الموقع. ويعمل المشاركون أصلا في حقول الغاز أو الآبار أو تخطيط الإمداد، وتقدم المادة في صورة بناء نماذج رقمية من بيانات مواقع تخزين افتراضية. وتقدم كور كونسبنت هذه الدورة.

### أهداف الدورة:

- فرز حقول الغاز الناضبة والطبقات المائية الجوفية وتكوينات الملح المرشحة للتخزين وفق شكل المصيدة وإحكام صخور الغطاء والعمق والقرب من مراكز الطلب
- تحديد كميات غاز الوسادة وغاز العمل وحدود الضغط التشغيلي العليا والدنيا لموقع التخزين وتبرير التوزيع بحسابات الضغط والمخزون
- توقع منحنيات قدرة الحقن والسحب على امتداد موسم التخزين وتخطيط دورات التشغيل لتغطية الطلب الموسمي وطلب الذروة
- تقييم حواجز آبار التخزين وضغط العتبة لصخور الغطاء واستقرار كهوف الملح، ووضع برنامج رصد يكشف هجرة الغاز وفقدانه
- تحديد مواصفات الضغط السطحي والتجفيف والقياس لمحطة التخزين وتقدير استهلاكها من الطاقة وغاز الوقود
- إعداد خطة تطوير وتشغيل لموقع التخزين تضم منتجات السعة والتحقق من المخزون وبرنامج رصد السلامة

### الفئة المستهدفة:

- مهندسو المكامن المسؤولون عن سعة التخزين وحدود الضغط وتوقعات المخزون في مواقع تخزين الغاز
- مهندسو الآبار المسؤولون عن تصميم آبار التخزين وأعمال الصيانة واختبار سلامة الحواجز
- مهندسو المرافق المسؤولون عن ضواغط التخزين ووحدات التجفيف ورؤوس الآبار ووحدات القياس
- مخططي إمداد الغاز المسؤولون عن جداول الحقن والسحب الموسمية وتغطية يوم الذروة
- علماء الأرض المسؤولون عن توصيف صخور الغطاء ونقطة الانسكاب وتكوينات الملح في مشروعات التخزين
- مهندسو تشغيل التخزين المسؤولون عن الدورات اليومية وبيانات المراقبة وتقارير المخزون

## محاوَر الدورة:

### اليوم 1: أساسيات تخزين الغاز تحت الأرض وفرز المواقع

- دور التخزين في الإمداد الموسمي وإمداد الذروة والاحتياطي الاستراتيجي
- مقارنة أنواع التخزين بين الحقول الناضبة والطبقات المائية وكهوف الملح
- مصطلحات السعة من الغاز الأساسي وغاز العمل والغاز غير القابل للاستخلاص
- مصفوفة فرز المواقع حسب المصيدة والإحكام والعمق والمسافة عن السوق
- مراجعة محفظة التخزين الحالية من حيث السعة وقدرة السحب

### اليوم 2: أساس تصميم مكامن التخزين وكهوف الملح

- تحديد كمية غاز الوسادة بمخطط  $p/z$  للمخزون وحدود الضغط
- ضبط أقصى ضغط تشغيلي مقابل ضغط العتبة لصخور الغطاء
- نمو فقاعة الغاز في الطبقات المائية والتحكم في نقطة الانسكاب
- تصميم التعدين بالإذابة بأنابيب الغسل ومعالجة المحلول الملحي
- زحف الملح والحد الأدنى للضغط ومسوح السونار لشكل الكهف

### اليوم 3: دورات الحقن والسحب والمرافق السطحية

- بناء منحني قدرة السحب مقابل مستوى المخزون
- تحليل تراجع قدرة الحقن عند اقتراب المخزون من الامتلاء
- جدول الدورات الموسمية لدورة واحدة أو دورات متعددة
- اختيار ضواغط التخزين بين الضواغط الترددية والطاردة المركزية
- التجفيف بالجليكول وضبط نقطة ندى الماء للغاز المسحوب

### اليوم 4: سلامة آبار التخزين ورصد صخور الغطاء والنماذج التجارية

- ممارسات API الموصى بها لسلامة التخزين في المكامن الناضبة
- ممارسات API الموصى بها لتصميم آبار كهوف الملح
- رصد ضغط الحيز الحلقى وروتين اختبار التحقق من الحواجز
- التحقق من المخزون وكشف فقد الغاز من تاريخ الضغط
- منتجات سعة التخزين والوحدات المجمعة وهيكل التعرف

## اليوم 5: بناء نموذج خطة تطوير وتشغيل موقع التخزين

- مراجعة بيانات موقع الحالة واحتساب درجة الفرز
- حساب توزيع غاز الوسادة وغاز العمل في الحالة
- توقع قدرة الحقن والسحب لموسم كامل في الحالة
- برنامج رصد السلامة وتواتر المراقبة في الحالة
- استكمال خطة التطوير والتشغيل وعرضها على لجنة المراجعة

## المهارات التي ستكتسبها:

- فرز مواقع التخزين
- تقدير غاز الوسادة
- توقع قدرة السحب
- تقييم استقرار كهوف الملح
- التحقق من حواجز آبار التخزين
- مطابقة المخزون
- تحديد مواصفات ضغط الغاز
- تصميم منتجات سعة التخزين

## لماذا تحضر هذه الدورة:

- إعداد خطة تطوير وتشغيل لموقع تخزين افتراضي ورفعها إلى مدير الأصول ومسؤول تخطيط إمداد الغاز لاعتمادها
- تحديد كمية غاز الوسادة الواجب الاحتفاظ بها وحدود الضغط التشغيلية وعدد الدورات التي يحتملها الموقع في كل موسم
- تجنب فقد المخزون واختراق صخور الغطاء وانغلاق الكهوف وتعثر الإمداد في أيام الذروة الذي لا يظهر إلا بعد موسم السحب
- نقل مصفوفة الفرز ومنحنيات قدرة السحب وروتين اختبار الحواجز وجدول مطابقة المخزون إلى فرق تشغيل التخزين

## الخاتمة:

بعد العودة إلى العمل يعرض المشاركون خطة التطوير والتشغيل على مدير الأصول ومسؤول تخطيط إمداد الغاز وفريق السلامة الفنية. وتعين الخطة على اتخاذ القرارات بشأن شراء غاز الوسادة وحدود الضغط وأهداف الدورات وإضافة الضواغط ومنتجات السعة المعروضة على الشاحنين. وبعد أول موسم حقن وسحب كامل وفق الخطة، تقارن الجهة المشغلة المخزون المقاس وقدرة السحب ونتائج اختبار الحواجز بالتوقعات، وتعدل حدود الضغط وتواتر المراقبة.

## الأسئلة الشائعة:

### ما الذي يحتاجه المشارك قبل دورة تخزين الغاز تحت الأرض؟

يحتاج المشارك إلى خبرة عملية في مكامن الغاز أو الآبار أو المرافق السطحية أو تخطيط إمداد الغاز، وتوفيره معرفة انضغاطية الغاز وبيانات الضغط. ويستخدم حاسوباً محمولاً مع برنامج جداول بيانات لبناء نماذج غاز الوسادة وقدرة السحب والمخزون خلال الدورة.

### بم يختلف تخزين الغاز تحت الأرض عن دورات هندسة المكامن أو تخزين ثاني أكسيد الكربون؟

يتناول تخزين الغاز تحت الأرض الحقن والسحب المتكررين للغاز الطبيعي وغاز الوسادة وقدرة السحب وسلامة آبار التخزين. أما دورات هندسة المكامن فتركز على الاستخلاص الأولي والحقن بالماء، وتتناول دورات تخزين ثاني أكسيد الكربون الحقن الدائم في اتجاه واحد وسلاسل الاحتجاز.

### لماذا يختلف تصميم تخزين الغاز تحت الأرض بين كهوف الملح والمكامن الناضبة؟

لأن المكامن الناضبة تحفظ كميات كبيرة في صخور مسامية وتحتاج حصة كبيرة من غاز الوسادة وتدور عادة مرة واحدة في الموسم، بينما كهوف الملح فراغات منشأة بالإذابة تحتاج غاز وسادة أقل وتتيح قدرة سحب عالية ودورات متعددة، مع وجوب حمايتها من الزحف والانغلاق.

### ماذا يعود به المشارك من دورة تخزين الغاز تحت الأرض؟

يعود المشارك بخطة تطوير وتشغيل لموقع تخزين افتراضي، تضم درجة الفرز وتوزيع غاز الوسادة وغاز العمل وتوقع قدرة السحب الموسمية وبرنامج رصد السلامة ومنتجات سعة التخزين، قابلة للتكيف مع مرافق جهته.